

BEST AVAILABLE COPY

PCT/IB03/05642

04.12.03



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

REC'D 11 DEC 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02102763.6

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Anmeldung Nr:
Application no.: 02102763.6
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 16.12.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Corporate Intellectual Property GmbH
Habsburgerallee 11
52064 Aachen
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren zur Filterung eines mit streifenförmigen Strukturen versehenen Bildes

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G06K9/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK

BESCHREIBUNG**Verfahren zur Filterung eines mit streifenförmigen Strukturen versehenen Bildes**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Filterung eines mit streifenförmigen Strukturen versehenen Bildes mittels Gabor-Filtern, die im Ortsbereich von einer

5 zweidimensionalen Gaußschen Glockenkurve gebildet werden, der in einer Hauprichtung eine Kosinusfunktion überlagert ist.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Erfindung ist die Verarbeitung von Hautabdruckbildern, insbesondere Fingerabdruckbildern. Ausgehend von einem Grauwertbild eines

10 Fingerabdrucks, wie er von verschiedenen handelsüblichen Sensoren geliefert wird, soll eine Verstärkung der enthaltenen Rillenstruktur zusammen mit der Reparatur evtl. enthaltener Störungen erreicht werden. Dieses aufbereitete Bild wird in einem weiteren Schritt binarisiert und anschließend werden aus dem erodierten Binärbild die entscheidenden Merkmale extrahiert (Minutien).

15 Zur Verstärkung und Reparatur von (lokalen) Rillenstrukturen haben sich Gabor-Filter bewährt, da deren Prinzip eine richtungs- und frequenzabhängige Verstärkung ist. Als Eingangswerte einer lokalen Gabor-Filterung werden also lokal sowohl Informationen über die Hauprichtung und die Hauptfrequenz benötigt, sowie deren lokale Änderungen. Deren Berechnung in hinreichender Qualität wird vorausgesetzt und ist nicht Bestandteil der vorliegenden Erfindung.

20 Die Gabor-Filterung eines Bildausschnittes (z.B. einer Kachel der Größe 32x32) wird üblicherweise mit dem Umweg über die Transformation in den Frequenzbereich (FFT = Fast Fourier Transformation), der anschließenden punktweisen Multiplikation mit der zuvor aus den lokalen Parametern berechneten Gabor-Filtermaske in Kachelgröße und der abschließenden Rücktransformation in den Zeit- bzw. Ortsbereich (IFFT = Inverse Fast Fourier Transformation) durchgeführt. Das Zusammensetzen der einzelnen Ergebniskacheln ist dabei aufgrund auftretender Artefakte der Transformation (FFT und

IFFT) im Allgemeinen nicht hinreichend genau, wenn dies ohne Überlappung benachbarter Kacheln geschieht. Derartige Fenster- und Überlappungstechniken sind Stand der Technik.

5 Der Umweg über den Frequenzbereich wird bei bekannten Verfahren wegen des hohen Aufwandes einer ansonsten zu bewerkstelligenden zweidimensionalen Faltung im Zeitbereich in Kauf genommen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Gabor-Filterung eines Bildes, 10 insbesondere eines Hautabdruckbildes, mit möglichst geringem Aufwand bezüglich Programm-Implementationen zu erzielen, wobei die Filterung weitgehend lokal adaptiert sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Bild in Kacheln 15 aufgeteilt wird, dass für jede der Kacheln eine überwiegende Richtung der streifenförmigen Strukturen bestimmt wird und die Filterung derart vorgenommen wird, dass jeweils eine Kachel soweit gedreht wird, dass die überwiegende Richtung senkrecht zur Hauptrichtung des Gabor-Filters liegt, dass eine Filterung in der Hauptrichtung und eine andere Filterung senkrecht dazu erfolgt und dass die gefilterte 20 Kachel wieder zurückgedreht wird.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht eine lokale und adaptive Gabor-Filterung direkt im Zeitbereich ohne Umweg über den Frequenzbereich, ohne dabei eine „wirkliche“ zweidimensionale Faltung berechnen zu müssen. Dies wird ermöglicht über die 25 Zerlegung der einzelnen zweidimensionalen Gabor-Filter in zwei eindimensionale Filter, deren Vektorprodukt den gesuchten Gabor-Filter ergeben, wobei die zeitliche Reihenfolge beliebig gewählt werden kann. Allerdings ist diese Zerlegung in zwei eindimensionale Filter nur dann exakt möglich, wenn die Wellenfront der Kosinus-Schwingung und die orthogonalen Hauptachsen der überlagerten Gaußschen 30 Glockenkurve in Achsenrichtung verlaufen, was durch die erfindungsgemäß starre Ausrichtung des Filters mit der entsprechenden Drehung der Kachel bewirkt wird.

Im Gegensatz zur Realisierung der Gabor-Filterung im Frequenzbereich zeichnet sich die Gabor-Filterung im Zeitbereich durch folgende Vorteile aus:

- die Größe des Gabor-Filters ist frei wählbar (sie muss nicht der gewählten Kachelgröße entsprechen),
- 5 - die Konstruktion der eindimensionalen Filter ist mit den gegebenen Parametern sehr einfach zu realisieren,
- die Kachelgröße ist frei wählbar, ohne das ein Mehraufwand in Zeitbedarf und Programmspeicher entsteht (nicht nur dyadisch, wie für FFT/IFFT bevorzugt verwendet, auch nicht-quadratische Kacheln möglich),
- 10 - einfache zu realisierendes Programm,
- relativ kleiner Programmspeicher notwendig,
- eine eingeschränkte bzw. geforderte Genauigkeit (sowohl in Fließkomma- als auch in Festkomma-Arithmetik) lässt sich einfach erreichen,
- keine Implementierung einer zweidimensionalen FFT/IFFT für Zielplattform
- 15 notwendig.

Eine Adaption des Filters an die jeweilige Kachel erfolgt vorzugsweise dadurch, dass Kachel für Kachel für die eine der Filterungen eine Kosinusschwingung abgeleitet wird, deren Frequenz gleich der Frequenz der Struktur senkrecht zur überwiegenden Richtung 20 ist, und dass die Kosinusschwingung mit einer Gaußschen Glockenkurve moduliert wird und gegebenenfalls dass Kachel für Kachel für die andere der Filterungen die Breite der Gaußschen Glockenkurve von der Änderung der Richtung der Strukturen auf der Kachel abhängt.

25 Eine breitere Glockenkurve ist dann möglich und vorzuziehen, wenn die Richtung der Strukturen auf der Kachel nur geringen Änderungen unterworfen ist. Dann kann in Richtung der Strukturen ein größerer Bereich in die Filterung einbezogen werden, so dass Unregelmäßigkeiten, die nicht zu den Strukturen gehören, beispielsweise kleinere Flecken, unterdrückt werden. Bei Konturen mit starken Änderungen auf der Kachel, 30 also stark gekrümmten Strukturen, ist jedoch eine schmalbandige Filterung in dieser

Richtung erforderlich. Es ist ferner möglich, die Breite der Gaußschen Glockenkurve in Richtung der Kosinusschwingung in Abhängigkeit von der Änderung der Frequenz auf der Kachel einzustellen, was bei Fingerabdruckbildern jedoch häufig nicht erforderlich ist, falls die Kachelgröße entsprechend angepasst wird.

5

Um den Implementierungs- und Rechenaufwand weiter zu senken, kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass für die Drehung ausgewählte Winkel vorgegeben sind, die in jeweils einem Programm implementiert sind, und dass zur Anwendung der Filterung einer der vorgegebenen Winkel benutzt wird, welcher der an sich erforderlichen Drehung am nächsten kommt. So können beispielweise Drehungen um $\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$, $\pm 15^\circ$, ..., ± 90 zugelassen werden, welche hinsichtlich ihres Aufwandes minimiert werden, insbesondere für bestimmte Winkel ($\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$). Vor diesem Hintergrund ist es möglich, das Programm zeitlich optimal für jeden der wählbaren Drehwinkel zu implementieren.

10

Da bei der Drehung jedes Bildelement der jeweiligen Kachel ohnehin neu zu berechnen ist, kann das erfindungsgemäße Verfahren auch dadurch vereinfacht werden, dass bei der Drehung durch Interpolation eine Tiefpassfilterung erfolgt und/oder dass bei der Rückdrehung gleichzeitig eine Binarisierung erfolgt.

15

Bei dem erfindungsgemäßen Drehen der zu filternden Kachel wird zwangsläufig eine größere Zahl von Bildelementen in die Filterung miteinbezogen, so dass letztendlich eine größere Kachel gefiltert wird, als es die resultierende Kachel ist. Die Größe dieser Kachel hängt von verschiedenen Einflüssen ab, beispielsweise auch von der Größe des

20

Filters. Eine in dieser Hinsicht vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, dass zur Filterung einer Kachel vorgegebener Größe, die sich nicht mit benachbarten Kacheln überlappt, eine größere Kachel gebildet wird, die sich mit den benachbarten Kacheln überlappt und eine Größe von mindestens dem Wurzel-2-fachen aufweist, und dass die größere Kachel nach der Drehung in einem Rechteck gefiltert wird, dessen

25

Seitenlänge mindestens dem Wurzel-2-fachen der größeren Kachel entspricht.

Eine weitere Minimierung der Rechenzeit kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch erfolgen, dass an den Rändern der eindimensionalen Filter liegende Einträge (Werte), die unterhalb eines Schwellwertes liegen, bei der Filterung nicht berücksichtigt werden.

5

Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Eine davon ist schematisch in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und nachfolgend beschrieben. Es zeigt:

10 Fig. 1 schematisch einzelne Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine Darstellung der Größe einer zu filternden Kachel in verschiedenen Phasen des erfindungsgemäßen Verfahrens,

15 Fig. 3 ein Beispiel für ein Fingerabdruckbild und

Fig. 4 ein Gabor-Filter in perspektivischer Darstellung.

Fig. 1 zeigt die Gabor-Filterung einer Kachel 1 eines Fingerabdruckbildes, wobei die 20 Wirkung der Filterung selbst wegen der Vorschriften für Patentzeichnungen nicht dargestellt ist. Die Kachel 1 ist ein Teil des Fingerabdruckbildes gemäß Fig. 3 und kann beispielsweise 32×32 Bildelemente aufweisen. Es sind jedoch auch andere Größen und nichtquadratische rechteckige Kacheln möglich. Bei der bekannten Gabor-Filterung müsste bei dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel eine zweidimensionale Filterung 25 erfolgen, bei welcher das Gabor-Filter nach den schräg und gekrümmt verlaufenden Leisten 2 ausgerichtet ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird jedoch die mittlere Richtung der Leisten mit an sich bekannten Algorithmen ermittelt, worauf die Kachel 1 derart gedreht wird, 30 dass die durchschnittliche Richtung der Leisten 2 senkrecht liegt. Die somit gedrehte

Kachel 3 wird mit einem Filter 4 gefiltert, das aus einer mit einer Gaußschen Glockenkurve modulierten Kosinusfunktion besteht. Die Frequenz der Kosinusfunktion wird zuvor an die Ortsfrequenz der Leisten 2 angepasst. Die Breite der Gaußschen Glockenkurve ist abhängig von der Krümmung der Leisten und gegebenenfalls von der 5 Änderung der Ortsfrequenz der Leisten.

In einem weiteren Schritt wird die zunächst eindimensional gefilterte gedrehte Kachel senkrecht zur bisherigen Filterung mit einer Gaußschen Glockenkurve 5 gefiltert. Die Breite dieser Gaußschen Glockenkurve hängt von der durchschnittlichen Krümmung 10 der Leisten 2 ab. Danach wird die zweidimensional gefilterte Kachel 3' wieder in ihre Ausgangslage zurückgedreht.

Fig. 2 veranschaulicht, dass zum Filtern der gedrehten Kacheln zunächst größere Kacheln abgeleitet werden müssen, um Artefakte an den Rändern zu vermeiden. Dabei 15 wird von einer resultierenden Kachel mit 32×32 Bildelementen ausgegangen. Wegen der Rotation der Kacheln ist es erforderlich, eine größere Anzahl von Bildelementen zu berücksichtigen. Diese Größe ist durch das Wurzel-2-fache als Diagonale gegeben. Die gefilterte Kachel einer Größe von 32×32 muss durch die Rückdrehung von einer Kachel abgeleitet werden, die eine zwischenzuspeichernde Mindestgröße von 50×50 20 aufweist, falls eine bilineare Interpolation bei der Drehung durchgeführt wird. Artefakte werden restlos vermieden, wenn dieser Zwischenspeicher auf 52×52 Bildelemente erweitert ist.

Um einen gültigen Bereich der Größe 52×52 bei der Filterung mit einem Filter von 15 25 15×15 Bildelementen zu erhalten, ergibt sich letztendlich eine Größe einer zwischenzuspeichernden Kachel von 66×66 . Fig. 2 zeigt die einzelnen Größen und Rotationen bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei davon ausgegangen wird, dass zur Filterung einer Kachel von 32×32 Bildelementen dem Bild eine Kachel von 46×46 Bildelementen entnommen wird. Bei einer Drehung um 45° 30 ergibt sich dann eine Kachel von 66×66 Bildelementen, von der jedoch nur eine Fläche

von 52×52 Bildelementen mit einem Filter verarbeitet werden kann, das 15×15 Bildelemente groß ist.

Die gestrichelte Linie zeigt diesen Bereich. Davon sind jedoch Ergebnisse der Filterung

5 nur verwertbar, wenn alle von der jeweiligen Filter-Position erfassten Bildelemente innerhalb der gedrehten 46×46 Bildelemente-Kachel liegen. Nach einer Rückdrehung entsteht die gefilterte Kachel mit einer Größe 32×32 , die sich mit anderen Ergebnis-Kacheln des Bildes nicht überlappen muss.

10 Fig. 3 zeigt eine Schwarz/Weiß-Darstellung eines Fingerabdruckbildes mit einer Kachel 1, wie sie bei dem in den Figuren 1, 2 dargestellten Beispiel verarbeitet wird.

Fig. 4 stellt ein Gabor-Filter dar, das in einer Richtung von einer Gaußschen Glockenkurve und in der anderen dazu senkrecht stehenden Richtung von einer 15 Kosinusschwingung, die mit einer Gaußschen Glockenkurve moduliert ist, gebildet wird.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Filterung eines mit streifenförmigen Strukturen versehenen Bildes mittels Gabor-Filters, die im Ortsbereich von einer zweidimensionalen Gaußschen Glockenkurve gebildet werden, der in einer Hauptrichtung eine Kosinusfunktion überlagert ist,
- 5 dadurch gekennzeichnet,
dass das Bild in Kacheln aufgeteilt wird, dass für jede der Kacheln eine überwiegende Richtung der streifenförmigen Strukturen bestimmt wird und die Filterung derart vorgenommen wird, dass jeweils eine Kachel soweit gedreht wird, dass die überwiegende Richtung senkrecht zur Hauptrichtung des Gabor-Filters liegt, dass eine
10 Filterung in der Hauptrichtung und eine andere Filterung senkrecht dazu erfolgt und dass die gefilterte Kachel wieder zurückgedreht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass Kachel für Kachel für die eine der Filterungen eine Kosinusschwingung abgeleitet wird, deren Frequenz gleich der Frequenz der Struktur senkrecht zur überwiegenden Richtung ist, und dass die Kosinusschwingung mit einer Gaußschen Glockenkurve moduliert wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass Kachel für Kachel für die andere der Filterungen die Breite der Gaußschen Glockenkurve von der Änderung der Richtung der Strukturen auf der Kachel abhängt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Breite der Gaußschen Glockenkurve in Richtung der Kosinusschwingung in
Abhängigkeit von der Änderung der Frequenz auf der Kachel eingestellt wird.

5

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Drehung ausgewählte Winkel vorgegeben sind, die in jeweils einem
Programm implementiert sind, und dass zur Anwendung der Filterung einer der
10 vorgegebenen Winkel benutzt wird, welcher der an sich erforderlichen Drehung am
nächsten kommt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass bei der Drehung durch Interpolation eine Tiefpassfilterung erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Rückdrehung gleichzeitig eine Binarisierung erfolgt.

20

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Filterung einer Kachel vorgegebener Größe, die sich nicht mit benachbarten
Kacheln überlappt, eine größere Kachel gebildet wird, die sich mit den benachbarten
25 Kacheln überlappt und eine Größe von mindestens dem Wurzel-2-fachen aufweist, und
dass die größere Kachel nach der Drehung in einem Rechteck gefiltert wird, dessen
Seitenlänge mindestens dem Wurzel-2-fachen der größeren Kachel entspricht.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass an den Rändern der eindimensionalen Filter liegende Einträge (Werte), die
unterhalb eines Schwellwertes liegen, bei der Filterung nicht berücksichtigt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zur Filterung eines mit streifenförmigen Strukturen versehenen Bildes

Bei einem Verfahren zur Filterung eines mit streifenförmigen Strukturen versehenen Bildes mittels Gabor-Filters, die im Ortsbereich von einer zweidimensionalen

5 Gaußschen Glockenkurve gebildet werden, der in einer Hauptrichtung eine Kosinusfunktion überlagert ist, ist vorgesehen, dass das Bild in Kacheln aufgeteilt wird, dass für jede der Kacheln eine überwiegende Richtung der streifenförmigen Strukturen bestimmt wird und die Filterung derart vorgenommen wird, dass jeweils eine Kachel soweit gedreht wird, dass die überwiegende Richtung senkrecht zur Hauptrichtung des

10 Gabor-Filters liegt, dass eine Filterung in der Hauptrichtung und eine andere Filterung senkrecht dazu erfolgt und dass die gefilterte Kachel wieder zurückgedreht wird.

1/2

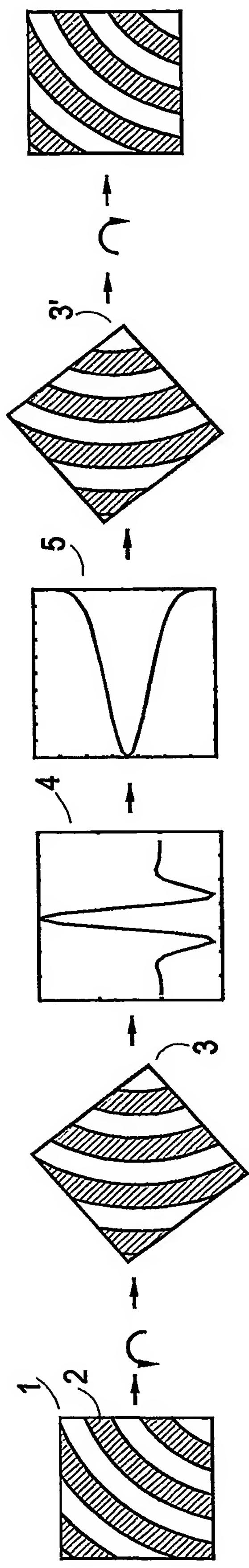


Fig.1

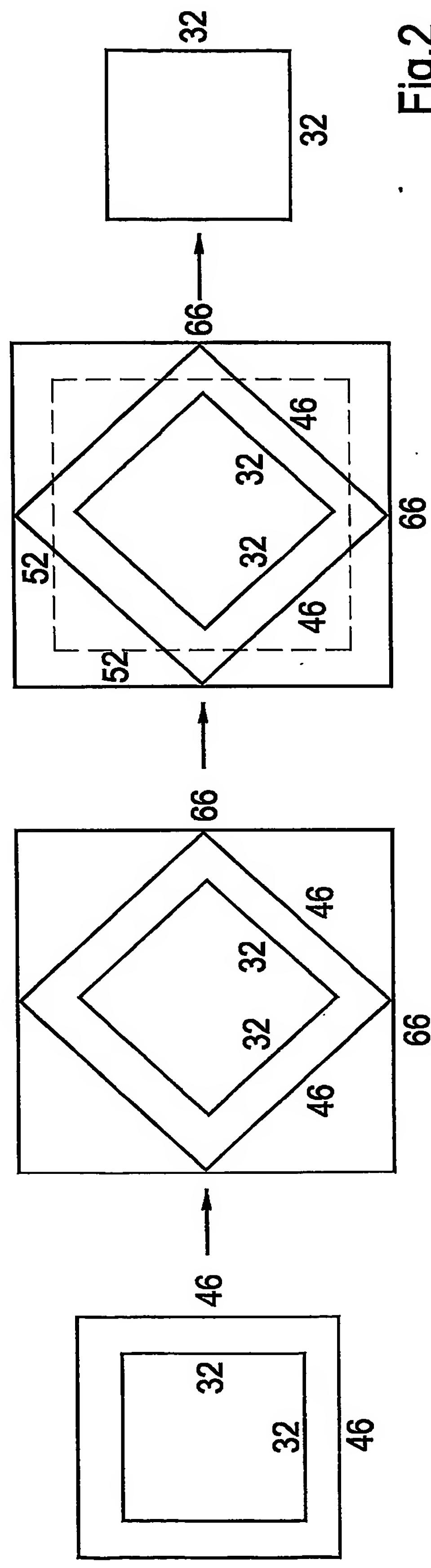


Fig.2

2/2

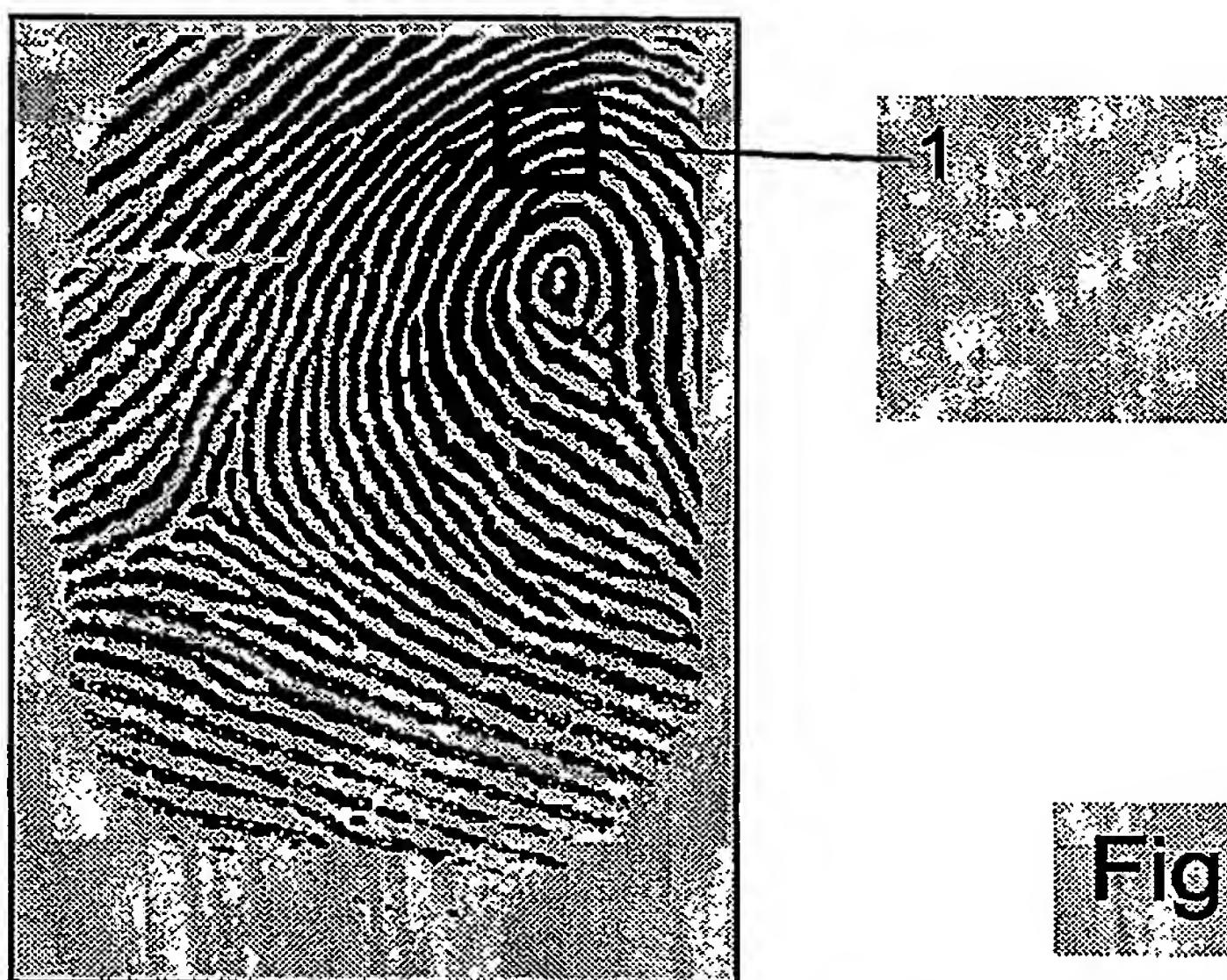


Fig.3

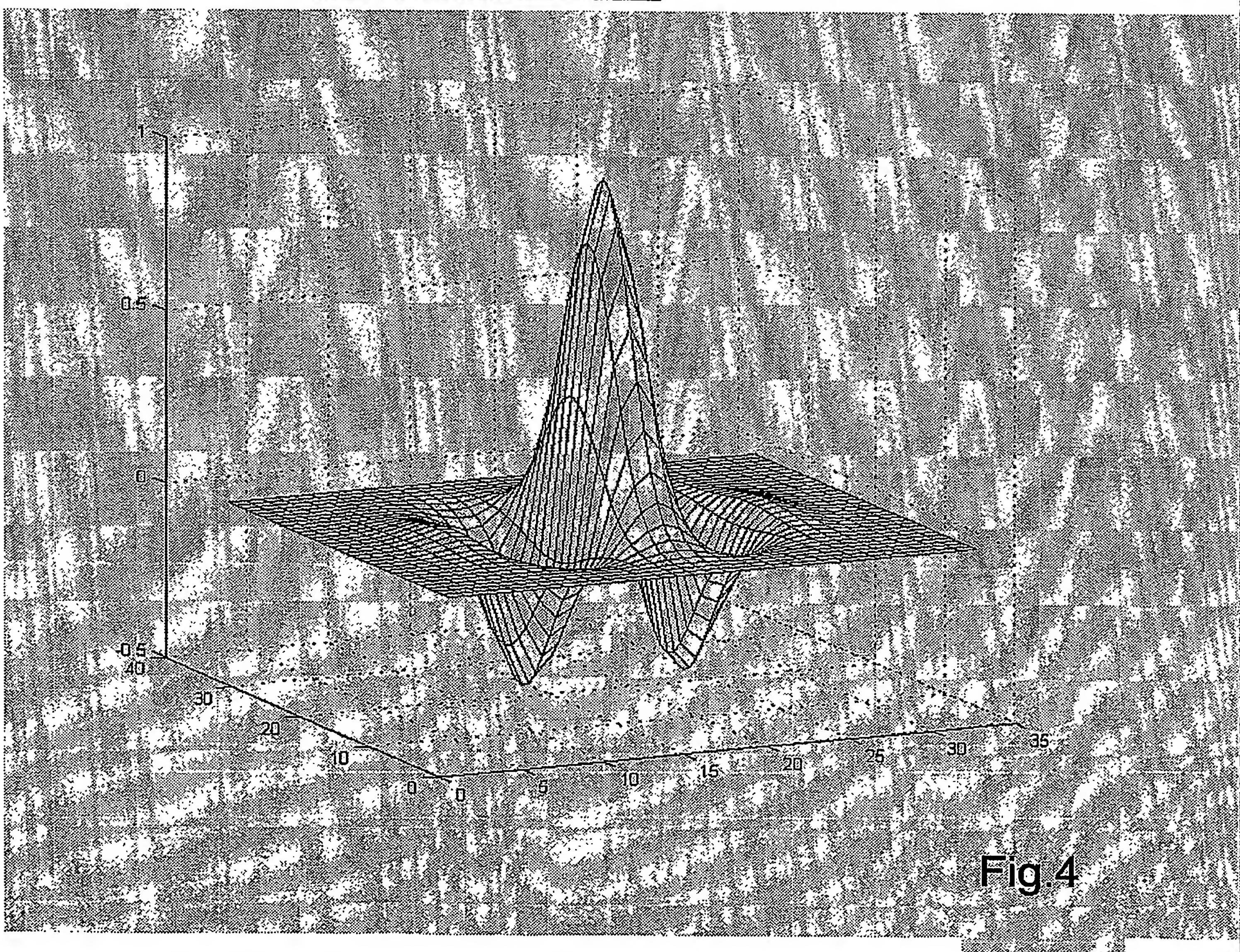


Fig.4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.